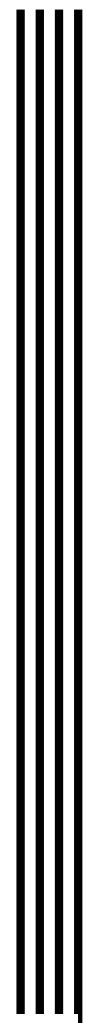


Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям №1-5
на тему «Определение стандартных
характеристик, усилий, состава и норм
расхода судостроительных материалов»
по дисциплине
"Нормы и правила в судостроении"
для студентов специальности
7.100202 «Корабли и океанотехника»
всех форм обучения

Севастополь
2005



УДК629

Методические указания к практическим занятиям №1-5 по дисциплине «Нормы и правила в судостроении»/сост. Ю.Г. Ожиганов, В.С. Игнатович, А.В. Кузьмина, Д.Ю. Несин. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2005. – 28 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в выполнении практических работ по дисциплине «Нормы и правила в судостроении».

Методические указания утверждены на заседании кафедры Океанотехники и кораблестроения 28.12.2004 г., протокол №7.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент д-р техн. наук, профессор Раков А.И.

ла 5.4.

5.4. Контрольные вопросы

1) Опишите преимущество и недостатки расчетного и опытного метода определения нормативов расхода ЛКМ.

2) Объясните, как прием сравнения опытного и нормативного коэффициентов использования ЛКМ можно оценить технический уровень предприятия.

3) Перечислите физико – химические параметры ЛКМ, влияние на расход ЛКМ и дайте этому объяснения.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Практическое занятие №1. Расчет стандартных характеристик механических свойств металлических материалов и оценка их пригодности для судостроения	5
2. Практическое занятие №2. Расчет ударной вязкости судостроительных сталей и оценка их пригодности для судокорпусных конструкций	10
3. Практическое занятие №3. Расшифровка химического состава судостроительной стали и разработка исходных данных для экспертных испытаний материала на соответствие условиям поставки	15
4. Практическое занятие №4. Определение нормативов расхода лакокрасочных материалов в судостроении расчетным методом	18
5. Практическое занятие №5. Определение нормативов расхода лакокрасочных материалов в судостроении опытным путем	23



ВВЕДЕНИЕ

В судостроении при проектировании и постройке судов широко используются нормы и правила, определяющие порядок и процесс выбора главных размерений судна, уровень внешних нагрузок и напряжений, размеры и отклонения элементов конструкции, химический состав и механические свойства стали, режимы сварки и размеры сварных швов, требования к технологическим процессам изготовления деталей, узлов, секций и корпуса.

К основным нормативным документам, определяющим требования практически всех областей проектирования и технологии строительства судов относятся: Правила классификации и постройки морских судов. Морской Регистра судоходства, государственные и отраслевые стандарты, руководящие материалы, нормативные материалы, нагрузки, действующие на судно, процессы проектирования и изготовления конструкции и корпуса судна в экстремальных условиях эксплуатации.

В настоящих методических указаниях рассматриваются нормы и правила, относящиеся к области технологии изготовления конструкций, а именно:

- судостроительные стали, их механические свойства, химический состав и испытания;
- лакокрасочные материалы, нормирование расхода при нанесении на судовую поверхность.

Отчеты по практическим занятиям оформляются в печатном виде. Объём практических занятий по курсу 16 часов.

Таблица 5.1 – Исходные опытные данные для расчета

Параметр, обозначение	Единица измерения, обозначение	Количество		
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Площадь зеркала бака	$\text{м}^2, S$	0,25	0,30	0,35
Изменение уровня ЛКМ в баке после опытной окраски	$\text{м}, \Delta h$	0,4	0,30	0,35
Масса ёмкости с ЛКМ рабочей вязкостью	$\text{кг}, m_1$	380	500	650
Масса емкости без ЛКМ	$\text{кг}, m_2$	100	140	90
Степень разбавления ЛКМ	$\%, B$	15	20	10
Табличный коэффициент использования ЛКМ	$K_{\text{и}}$	0,76	0,76	0,90
Площадь корпусной конструкции	$\text{м}^2, E$	8500	11000	35000

По исходным опытным данным рассчитать и результаты расчета занести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2

Параметр, обозначение	Единица измерения, обозначение	Количество		
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Объем израсходованного ЛКМ в опыте	$\text{м}^3, V$			
Плотность ЛКМ в опыте	$\text{кг}/\text{м}^3, q$			
Расход в опыте ЛКМ рабочей вязкости	$\text{кг}, R$			
Расход ЛКМ исходной вязкости	$\text{кг}, Q_{\text{и}}$			
Опытный коэф. Исползования ЛКМ (таблица 5.1)	$K_{\text{и}}$			
Норматив расхода ЛКМ рабочей вязкости	$\text{кг}/\text{м}^3, N_{\text{р}}$			

После анализа полученных данных предлагается дать заключение о техническом уровне процесса окраски по данным опытного и нормативного коэффициентов использования ЛКМ.

5.3. Содержание отчета

В отчете необходимо записать исходные данные, формулы для расчета и пояснения к ним, объяснить схему расчета, изложить в таблице его результаты. Письменно ответить на контрольные вопросы разде-



B – степень разбавления, %.

Коэффициент использования ЛКМ определяется по формуле 5.2:

$$K'_u = \frac{Q_u}{R} \cdot \frac{100 + B}{100}, \quad (5.4)$$

где K'_u – коэффициент использования ЛКМ, фактический;

Q_u – расход ЛКМ исходной вязкости в опыте, кг;

R – расход ЛКМ рабочей вязкости в опыте, кг;

B – степень разбавления, %.

Рассчитанный фактический коэффициент использования ЛКМ сравнивают с нормативным табличным значением (таблица 4.2, практическая работа №4). Если $K_u > K'_u$, то опытным методом пользоваться нельзя, необходимо установить причины плохого использования ЛКМ и совершенствовать технологический процесс. Если $K_u \leq K'_u$, то опытный метод может применяться для определения потребности ЛКМ при подготовке окраски судов.

По определенному расходу ЛКМ расходной вязкости рассчитывается норматив расхода ЛКМ рабочей вязкости:

$$N_p = \frac{R}{F}, \quad (5.5)$$

где N_p – норматив расхода ЛКМ рабочей вязкости, кг/м²;

R – расход ЛКМ рабочей вязкости в опыте, кг;

F – площадь окрашенной поверхности, м².

Норматив расхода ЛКМ исходной вязкости вычисляется по формуле 5.6:

$$N_u = \frac{100N_p}{100 + B}, \quad (5.6)$$

где N_u – норматив расхода ЛКМ исходной вязкости, кг/м²;

N_p – норматив расхода ЛКМ рабочей вязкости, кг/м²;

B – степень разбавления, %.

5.2. Выполнение расчетов по заданным параметрам процесса

Предлагается рассчитать нормативы расхода ЛКМ, коэффициент использования, по фактическим данным окраски корпусной конструкции и определить расход ЛКМ на объект заданной площади.

Исходные для расчета опытные данные приведены в таблице 5.1.

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

РАСЧЕТ СТАНДАРТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ОЦЕНКА ИХ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Цель работы: Изучение метода расчета стандартных характеристик свойств корпусных сталей при входном контроле, экспертной оценке и разработка технических процессов обработки этих сталей (работа выполняется в течение 4 часов).

1.1. Теоретический раздел

Судостроительные стали, в отличие от машиностроительных и инструментальных, имеют явно выраженное свойство пластической деформации при удлинениях, достигающих 24 %, без разрушения и нарушения сплошности и герметичности конструкции. Этим обеспечивается одно из основных требуемых качеств корпуса – непотопляемость. В судокорпусных материалах заложено свойство существенного изменения формы и размеров (например, при ударе о причал, столкновении и т.д.) конструкции без хрупкого разрушения (трещины, разрыва).

Простейшие разрушения стали (в виде плоского или круглого образца) растяжением под действием непрерывно увеличивающейся силы с фиксацией изменения длины образца позволяют построить стандартную диаграмму растяжения (рисунок 1.1). Из нее рассчитываются основные характеристики механических свойств металлов. Их сравнение с величинами, указанными в стандартах позволяет оценить пригодность конкретных материалов к применению в судостроении.



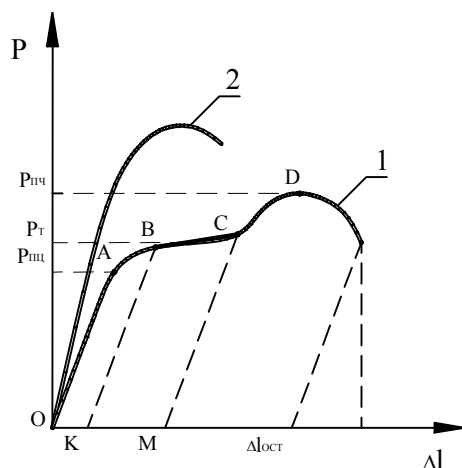


Рисунок 1.1 – Стандартная диаграмма растяжения пластичной низколегированной судостроительной стали (1) и хрупкого материала (высокопрочная инструментальная сталь, чугун)(2)

На рисунке 1.1 приведены кривые зависимостей удлинения образца (Δl) при действии растягивающего усилия (P).

На диаграмме имеются характерные участки:

О-А – область упругой деформации с сохранением пропорциональности между нагрузкой и удлинением.

А-В – область упругой деформации, с небольшим проявлением в отдельных участках металла необратимого изменения размеров и формы (остаточная деформация не более 0,2 %). Такая деформация допускается и имеет место при эксплуатации сталей.

В-С – область необратимых (пластических) изменений формы и размеров металла без разрушения при существенных удлинениях, достигающих 24 % от первоначальной длины (точка С).

С-Д – область упрочнения металла и разрушения образца (точка Д).

Каждой точке диаграммы соответствуют значения нагрузки, измеренные при испытании образцов в ньютонах [Н].

$P_{пл}$ – сила, при которой исчезает пропорциональность между ее значением и удлинением и появляются необратимые изменения размеров и формы металла. Напряжения, соответствующие этой силе, назы-

5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВОВ РАСХОДА ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СУДОСТРОЕНИИ ОПЫТНЫМ ПУТЕМ

Цель работы: Освоить опытный метод определения нормативов расхода лакокрасочных материалов в судостроении (работа выполняется в течении 2 часов).

5.1. Порядок выполнения расчетов

Опытный метод заключается в том, что при окраске корпусной конструкции определенной площади по заданной технологии измеряется уровень ЛКМ в емкости, из которой ЛКМ отбирается тем или иным способом (кистью, воздушным или безвоздушным методом), заданной площади.

Расход ЛКМ определяется по формуле 5.1:

$$R = S\rho\Delta h, \quad (5.1)$$

где R – расход ЛКМ рабочей вязкости в опыте, кг;

S – площадь зеркала бака, m^2 ;

ρ – плотность ЛКМ рабочей вязкости, kg/m^3 ;

Δh – изменение уровня ЛКМ в баке после окраски, м.

Плотность ЛКМ рабочей вязкости определяется по формуле 5.2:

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{V}, \quad (5.2)$$

где ρ – плотность ЛКМ рабочей вязкости, kg/m^3 ;

m_1 – масса емкости с ЛКМ рабочей вязкости до начала окраски, кг;

m_2 – масса емкости после окончания окраски, кг;

V – объем израсходованного из емкости ЛКМ, m^3 .

После полного высыхания измеряется толщина покрытия δ в мм, [м].

Расход ЛКМ исходной вязкости определяют по формуле 5.3:

$$Q_u = \frac{100R}{100 + B}, \quad (5.3)$$

где Q_u – расход ЛКМ исходной вязкости в опыте, кг;

R – расход ЛКМ рабочей вязкости в опыте, кг;



4.5. Контрольные вопросы

- 1) Опишите название ЛКМ.
- 2) Опишите причины, вызывающие необходимость расчета норм расхода ЛКМ.
- 3) Перечислите методы определения норм расхода ЛКМ и охарактеризуйте их.
- 4) Изложите ваше представление о схеме лакокрасочного покрытия и опишите назначение отдельных ее слоев на корпусе судна.
- 5) Перечислите факторы и параметры схемы, определяющие расход ЛКМ, и укажите особенности их влияния на расход.

ваются пределом пропорциональности.

P_T – сила, при которой проявляется текучесть металла – существенное изменение размеров и формы без разрушения образца. Значение силы при этом остается почти постоянным. Соответствующее напряжение называется пределом текучести.

$P_{ПЧ}$ – сила, при которой пластические возможности металла исчерпаны и происходит хрупкое разрушение образца. Этой силе соответствует напряжение – предел прочности.

Стандартные характеристики (предел пропорциональности, предел текучести, предел прочности) получаются при расчете этих сил на единицу начальной площади образца (напряжение [МПа]). Абсолютное удлинение и сужение образца рассчитывается по отношению к первоначальной длине и площади.

1.2. Порядок выполнения работы

1.2.1. Стандартные характеристики механических свойств

Стандартные характеристики определяются в [МПа] по системе СИ и во внесистемной единице [кг/мм²], поскольку значительная часть справочной литературы и руководящих документов использует внесистемные единицы.

а) В составе работы пересчитать размерность [МПа] и [кг/мм²] и определить коэффициент пересчета. В дальнейшем в работе указывать размерность как в [МПа], так и в [кг/мм²].

б) Произвести расчет стандартных характеристик механических свойств металлов и определить их пригодность для корпусостроения.

Расчет следует выполнять по следующим формулам:

$$\sigma_{ПЧ} = \frac{P_{ПЧ}}{F_0}; \quad (1.1)$$

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0}; \quad (1.2)$$

$$\delta = \frac{l_K - l_0}{l_0} \cdot 100\%; \quad (1.3)$$

$$\psi = \frac{F_0 - F_K}{F_0} \cdot 100\%, \quad (1.4)$$

где $\sigma_{ПЧ}$ – предел прочности, кг/мм² (МПа);

σ_T – предел текучести, кг/мм² (МПа);



- δ – относительное удлинение, %;
 ψ – относительное сужение, %;
 l_0 – начальная длина образца, мм (м);
 F_0 – начальная площадь образца, мм² (м²);
 l_K – конечная длина образца, мм (м);
 F_K – конечная площадь образца, мм² (м²).

Таблица 1.1 – Нагрузки и геометрические характеристики образцов

№ материала	P_T , кг (кН)	$P_{ПЧ}$, кг (кН)	l_0 , мм (м)	l_K , мм (м)	F_0 , мм ² (10 ⁻⁶ м ²)	F_K , мм ² (10 ⁻⁶ м ²)
1.	2500 (25,0)	3800 (38,0)	100 (0,100)	110 (0,110)	120 (120)	100 (100)
2.	2950 (29,5)	5200 (52,0)	100 (0,100)	120 (0,120)	120 (120)	60 (60)
3.	6120 (61,2)	6350 (63,5)	100 (0,100)	103 (0,103)	120 (120)	105 (105)
4.	3170 (31,7)	5700 (57,0)	100 (0,100)	110 (0,110)	120 (120)	100 (100)
5.	7150 (71,5)	8410 (84,1)	100 (0,100)	115 (0,115)	120 (120)	95 (95)
6.	3700 (37,0)	4500 (45,0)	100 (0,100)	120 (0,120)	120 (120)	65 (65)

1.3. Оформление результатов

По результатам расчета строится таблица механических характеристик.

Таблица 1.2 – Механические характеристики сталей

№ материала	σ_T , кг/мм ² (МПа)	$\sigma_{ПЧ}$, кг/мм ² (МПа)	δ , %	ψ , %	Отметка о соответствии характеристик стандартным требованиям (да/нет)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					

Оценку характеристик свойств сталей производить по данным стандартных требований для корпусных сталей:

- $\sigma_{ПЧ}$ – не менее 450 МПа;
 σ_T – не менее 240 МПа;
 δ – не менее 19 %;
 ψ – не менее 40 %.

По Правилам Регистра для судостроительных сталей отношение

$$\delta_{ПЧ} = (1,8 - 2,0) \cdot \delta_T.$$

После заполнения таблицы 1.2 произвести анализ полученных данных и описать по каким характеристикам материал (1 – 6) не может

При расчете необходимо пользоваться приведенной выше методикой расчета в разделе 4.2 и таблицей 4.3 заданных параметров.

Таблица 4.3 – Определение ЛКМ для заданной поверхности

Параметр	Единица измерения и обозначение	Заданное значение		
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Коэффициент использования ЛКМ		0,6	0,76	0,8
Способ окраски		Пневмометод2 категория сложности	Пневмометод1 категория сложности	Безвоздушный метод1 категория сложности
Площадь окрашиваемой поверхности	S , м ²	12000	1350	8000
Норматив расхода ЛКМ рабочей вязкости	N_P , кг/м ²	0,15	0,18	0,23
Количество слоев	n	5	4	2

В работе производятся расчеты для заданного варианта, результаты которых записываются в таблицу 4.4 для заданного варианта 1,2 или 3.

Таблица 4.4 – Результаты расчета расхода ЛКМ

Параметр	Единица измерения, обозначение	Расчетная величина
Коэффициент использования ЛКМ	K_u	
Коэффициент сложности окрашиваемой поверхности	K_c	
Норматив расхода ЛКМ исходной вязкости	N_u , кг/м ²	
Норматив расхода ЛКМ рабочей вязкости	N_P , кг/м ²	
Норма расхода ЛКМ рабочей вязкости на 1 слой	Q_P , кг	
Норма расхода ЛКМ рабочей вязкости на заданное количество слоев	Q , кг	

4.4. Оформление результатов

В отчете необходимо записать исходные данные, формулы для расчета и пояснения к ним.

Объяснить схему расчета, изложить в таблице его результаты. Письменно ответить на контрольные вопросы раздела 4.5.



- 3 – поверхности, насыщенные фундаментами, трубами, решетки и т.д.
Коэффициент использования ЛКМ $K_{\text{и}}$ определяется по таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Значение коэффициента использования ЛКМ

Метод нанесения ЛКМ	Группа сложности		
	1	2	3
Пневмометод	0,76	0,60	0,45
Безвоздушный метод	0,80	0,65	-
Кисть	0,90	-	-

Норматив расхода ЛКМ рабочей вязкости на 1 м^2 определяется по формуле 4.2:

$$N_p = \frac{N_{\text{и}} \cdot (100 + B)}{100}, \quad (4.2)$$

где N_p – норматив расхода ЛКМ рабочей вязкости, кг/м^2 ;
 $N_{\text{и}}$ – норматив расхода ЛКМ исходной вязкости, кг/м^2 ;
 B – количество растворителя (степень разведенности) для доведения ЛКМ до рабочей вязкости, %.

Норма расхода ЛКМ рабочей вязкости определяется по формуле 4.3:

$$Q_p = N_p \cdot S, \quad (4.3)$$

где Q_p – норма расхода ЛКМ рабочей вязкости на 1 слой, кг/м^2 ;
 N_p – норматив расхода ЛКМ рабочей вязкости, кг/м^2 ;
 S – площадь окрашиваемой поверхности, м^2 ;
 Общая потребность ЛКМ на объект определяется по формуле 4.4:

$$Q = K_{\text{и}} \cdot n, \quad (4.4)$$

где Q – общее количество ЛКМ на объект, кг/м^2 ;
 n – количество слоев;
 $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования материала (таблица 4.1);

4.3. Выполнение расчетов по заданным параметрам процесса

Предлагается рассчитать:

- норматив расхода ЛКМ рабочей вязкости;
- расход ЛКМ рабочей вязкости на один слой для конкретного объекта;
- расход ЛКМ рабочей вязкости на заданное количество слоев.

быть допущен к использованию в судостроительной конструкции.

В конце раздела приводятся ответы на контрольные вопросы подраздела 1.4.

1.4. Контрольные вопросы

- 1) Перечислите основные характеристики стандартных механических свойств судостроительных материалов.
- 2) Назовите характеристики, оценивающие прочностные свойства металлов и определите их физический смысл.
- 3) Назовите характеристики, оценивающие пластические свойства металлов и определите их физический смысл.
- 4) Перечислите размерность характеристик механических свойств металлов.
- 5) Назовите средние стандартные значения предела прочности, предела текучести, относительного удлинения, относительного сужения для судостроительных сталей.
- 6) Укажите допустимые соотношения предела текучести и предела прочности судостроительных сталей и обоснуйте необходимость этого соотношения.

2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

РАСЧЕТ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ И ОЦЕНКА ИХ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ СУДОКОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Цель работы: Изучить методы расчета устойчивости стали к хрупкому разрушению и принципы оценки ее на пригодность к использованию в корпусах судов в условиях эксплуатации при низких температурах (работа выполняется в течение 4 часов).

2.1. Теоретический раздел

Известно, что в зависимости от скорости приложения нагрузки сопротивление металла хрупкому разрушению изменяется. Если при медленном нагружении металл пластично деформируется и не теряет своей сплошности, то при быстром нагружении происходит хрупкое разрушение с трещинообразованием и потерей сплошности. Для судокорпусных конструкций потеря сплошности влечет потерю прочности, непотопляемости и возможную аварию.

Процесс перехода пластического разрушения металла в хрупкое сильно зависит от температуры эксплуатации. Другими словами, в северных широтах может наступить разрушение конструкции корпуса при безопасных для тропиков условиях нагружения.

Поэтому в судостроении оценка возможности хрупкого разрушения является обязательной и производится на основании отраслевых руководящих документов.

Основным параметром для оценки возможности хрупкого разрушения стали является ударная вязкость, которая представляет собой работу разрушения стандартного образца, затраченную на единицу площади разрушения при ударном нагружении. Чем выше вязкость стали, тем большую работу необходимо затратить на ее разрушение. Но вязкость в значительной мере зависит от температуры эксплуатации судна: чем ниже температура, тем меньшее усилие требуется для разрушения металла при прочих равных условиях. Другими словами, при низких температурах создание аварийной ситуации у судна более вероятно, чем при средних и высоких температурах. Поэтому, в судостроении оценивают материал корпуса не только по величине ударной вязко-

вязкостью.

Опытный метод определения норм расхода ЛКМ в значительной мере зависит от культуры производства и его технического уровня на предприятии.

Наиболее объективную оценку необходимого расхода ЛКМ с учетом заданных требований защиты металла от коррозии дает расчетный метод, а особенности объекта и условий окраски более полно оцениваются опытным методом.

4.2. Порядок выполнения работы

Норма расхода ЛКМ исходной вязкости в один слой на конструкцию рассчитывается:

$$N = \frac{N_{\text{и}} \cdot K_{\text{с}} \cdot S}{K_{\text{и}}}, \quad (4.1)$$

где N – норма расхода ЛКМ исходной вязкости, кг, на заданную площадь окрашиваемой поверхности в 1 слой;

$N_{\text{и}}$ – норматив расхода ЛКМ исходной вязкости, кг/м²;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования ЛКМ;

$K_{\text{с}}$ – коэффициент сложности окрашиваемой поверхности;

S – площадь окрашиваемой поверхности, м².

Значение нормы N берется с учетом метода нанесения, толщины слоя, максимально допустимых потерь для поверхностей различной группы сложности. Для этого в формуле 4.1 берется поправочный коэффициент $K_{\text{и}}$ (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Значения поправочного коэффициента $K_{\text{и}}$.

Метод нанесения ЛКМ	Группа сложности поверхности		
	1	2	3
Пневматический метод	1,00	1,15	1,67...1,78
Безвоздушный метод	1,00	1,23	-
Кисть	1,00	1,00	1,10

При составлении схемы, состоящей из различных ЛКМ, норма расхода каждого вида ЛКМ считается отдельно на каждый слой.

Характеристика судовых поверхностей по группам сложности:

1 – прямолинейные или криволинейные, протяженные поверхности без набора;

2 – прямолинейные или криволинейные, протяженные поверхности с набором разной высоты;



оценки пригодности сталей для корпусостроения.

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВОВ РАСХОДА ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СУДОСТРОЕНИИ РАСЧЕТНЫМ МЕТОДОМ

Цель работы: Изучить метод определения объективных прогрессивных норм расхода лакокрасочных материалов при окраске корпусных судовых конструкций путем расчета на основании физико-химических параметров процесса и подсчета общей потребности в лакокрасочных материалах на производственную программу (работа выполняется в течение 4 часов).

4.1. Теоретический раздел

Особенностью эксплуатации морских судов является постоянное воздействие на стальной корпус и судовые конструкции агрессивной среды: морской воды и воздуха, насыщенного морскими парами. В результате этого воздействия происходит интенсивная электрохимическая коррозия, приводящая к разрушению материала корпуса. Наиболее эффективным способом защиты от коррозии является покрытие корпуса лакокрасочными материалами, которую необходимо восстанавливать периодически через 2...3 года (междоковый период).

Судостроение и судоремонт отличаются от других отраслей промышленности повышенным расходом лакокрасочных материалов (ЛКМ) в связи с огромными площадями окрашиваемых поверхностей, сложными климатическими условиями окраски. В этом случае установление объективных технически обоснованных параметров расхода является необходимым и обеспечивает экономию материала и высокое качество окраски.

Нормативом (нормой) расхода является технически и организационно обоснованное количество ЛКМ, обеспечивающее запланированную сохранность 1 м^2 стальной поверхности судна.

Нормативы расхода ЛКМ могут быть определены опытным или расчетным методом. Расчетный метод основан на использовании физико-химических характеристик ЛКМ и особенностей объекта. Опытный метод основан на определении норматива по результатам фактического расхода ЛКМ на рабочих местах.

Вязкость ЛКМ, наносимого на рабочем месте, называется рабочей вязкостью. Вязкость ЛКМ в состоянии поставки называется исходной

сти при температуре, но и при отрицательных температурах минус 20°C и минус 40°C .

Особый интерес представляет собой закономерность изменения ударной вязкости с понижением температуры, так как по этой закономерности устанавливается область достижимых температур эксплуатации для каждой стали в условиях возможного удара с быстрым приложением силы и исключения хрупкого разрушения конструкции.

На рисунке 2.1 показаны области зависимостей ударной вязкости (a_n) от температуры ($t, ^\circ\text{C}$). I – область пластического разрушения; II – область перехода пластического разрушения в хрупкое; III – область хрупкого разрушения.

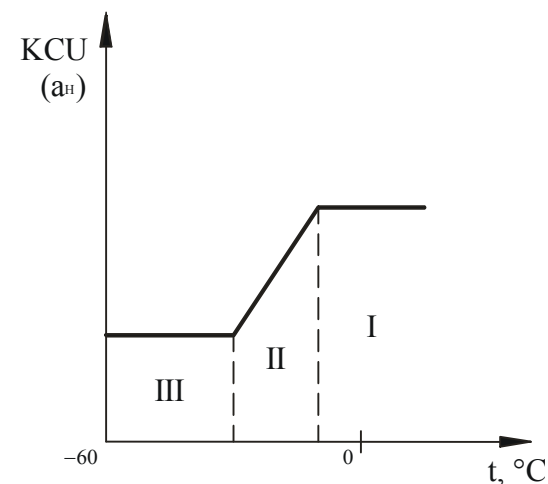


Рисунок 2.1 – Диаграмма зависимости ударной вязкости (a_n) от температуры ($t, ^\circ\text{C}$)

Следует иметь в виду, что характеристики механических свойств металлов мало зависят от температуры в пределах от минус 40°C до минус 60°C , а ударная вязкость зависит от нее существенно (см. рисунок 2.1).

В связи с особой ролью хрупкого разрушения в надежности корпусных конструкций для судостроительных сталей Правилами Морского Регистра установлены категории прочности стали, которые имеют следующий смысл: каждая категория сталей обеспечивает заданный уровень прочностных свойств с полной гарантией обеспечения ударной вязкости для разных температур эксплуатации.



Для корпусных сталей существует 4 категории А, В, D, Е (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Основные механические характеристики судостроительных сталей по Правилам Регистра

Категория стали	Минимальный предел текучести σ_T , кг/мм ² [МПа]	Предел прочности $\sigma_{ПЧ}$, кг/мм ² [МПа]	Минимальная ударная вязкость a_H (t), МДж/м ² (°C)
A	24 [240]	41...50 [410...500]	-
B	24 [240]	41...50 [410...500]	0,28 (0 °C)
D	24 [240]	41...50 [410...500]	0,28 (-20 °C)
E	24 [240]	41...50 [410...500]	0,28 (-40 °C)

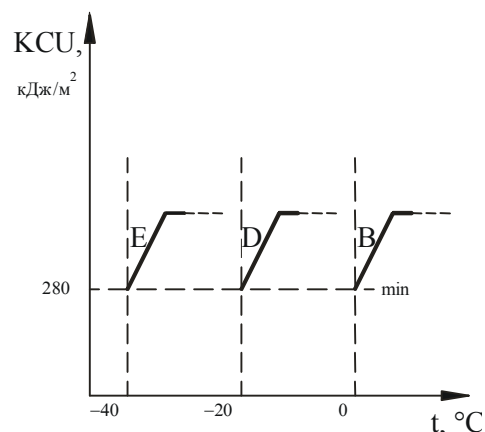


Рисунок 2.2 – Категории судостроительных сталей по гарантированной вязкости при различных температурах

Для обозначения категории низколегированных сталей Правила Регистра используют следующую аббревиатуру: D32, E40.

Буква обозначает отсутствие (А) или наличие испытаний при низких температурах (В – при $T = 0$ °C, D – при $T = -20$ °C, E – при $T = -40$ °C), а число показывает предел текучести стали в кг/мм².

Для корпусных сталей ($\sigma_T = 24$ кг/мм² [240 МПа], $\sigma_{ПЧ} = 41...50$ кг/мм², [410...500 МПа] категории приведены на рисунке 2.2. Гарантированная ударная вязкость $a_H = 0,28$ МДж/м² обеспечивается при различных температурах.

Буква обозначает предельную допустимую минимальную темпера-

3.2.2. Экспертная оценка пригодности для корпусостроения.

Предлагается, пользуясь стандартными характеристиками судостроительных сталей, их состава, требуемым соотношением $\sigma_T/\sigma_{ПЧ}$ (по материалам первой и второй практических работ) произвести экспертную оценку правильности выбора стали для изготовления корпуса судна.

В таблице 3.2 приведены характеристики прочности, пластичности. Следует произвести анализ этих сталей, установить содержание углерода и в столбцах 6 и 7 записать результаты анализа (положительный – «+», отрицательный – «-»).

Таблица 3.2 – Химические и прочностные свойства сталей

Материал	Содержание углерода, %	σ_T , кг/мм ² [МПа]	$\sigma_{ПЧ}$, кг/мм ² [МПа]	δ , %	Свариваемость	Пригодности для корпусных конструкций
1	2	3	4	5	6	7
09Г2		20 [200]	45 [450]	18		
09Г2С		30 [300]	46 [460]	21		
38ХФН		56 [560]	68 [680]	12		
10Г2С2Д		35 [350]	70 [700]	22		
40ХН		35 [350]	42 [420]	22		
10ХНДМФШ		36 [360]	60 [600]	22		
09Г2		24 [240]	48 [480]	23		
10ХСНД		35 [350]	70 [700]	22		
25Х2Н		30 [300]	60 [600]	22		
10ГНБШ		36 [360]	60 [600]	22		

3.3. Оформление результатов

При выполнении указанной работы результаты заносятся в свободные столбцы таблиц 3.1 и 3.2. Затем приводятся описание анализа исходных данных и комментируемые результаты, а также приводятся ответы на контрольные вопросы подраздела 3.4.

3.4. Контрольные вопросы

- 1) Назовите состав судостроительных сталей.
- 2) Укажите особенности маркировки сталей обыкновенного качества и качественных.
- 3) Приведите схему маркировки качественных сталей и расшифруйте применяемые в судостроительных сталях буквенные обозначения.
- 4) Перечислите характеристики, используемые для экспертной



Принципиальное значение имеет содержание углерода в стали. Если оно находится в пределах 0,05-0,2%, то сталь хорошо сваривается, то есть свойства сварного шва оказываются не ниже свойств основного металла.

Каждый легирующий элемент обозначается соответствующей буквой:

Г – марганец;
С – кремний;
Х – хром;
Д – медь;
Н – никель;
Ф – ванадий;
Б – ниобий;
М – молибден.

3.2. Порядок выполнения работы

3.2.1. Расшифровка состава стали и определение ее пригодности для корпусной сварной конструкции.

Предлагается произвести расшифровку химического состава стали и определить возможности соединения электросваркой конструкций корпуса судов и сооружений (см. таблицу 3.1).

Таблица 3.1 – Химический состав судостроительных сталей

Сталь	Содержание элементов, %								Возможность сварки	Возможности применения в корпусе судна
	Углерод	Г	С	Х	Д	Н	Б	Ф		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
09Г2										
09Г2С										
10Г2С1Д										
10ХСНД										
25Г										
37ХСНФ2										
10ХСНДМФШ										
25С2										
10ГНБШ										

Примечание – В столбцах 10,11 положительный ответ – «+», отрицательный ответ – «-».

туру эксплуатации, при которой гарантируется вязкость $a_n = 0,28$ МДж/м². Число из двух цифр указывает гарантированный предел текучести стали в интервале температур от минимальной для этой категории до плюс 40 °С (см. рисунок 2.2). Предел прочности корпусных сталей примерно в 2 раза выше предела текучести.

2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. Определение пригодности стали по характеристикам и ударной вязкости для использования в корпусных конструкциях.

Предлагается проанализировать характеристики механических свойств сталей (см. таблица 2.2) и определить стали, которые можно использовать для корпусов судов.

Таблица 2.2 – Характеристики механических свойств сталей

Вариант стали	σ_T , кг/мм ² [МПа]	$\sigma_{ПЧ}$, кг/мм ² [МПа]	t °С	a_n , МДж/м ²	Отметить пригодность стали для корпуса (6) и указать категорию прочности (7)	
1	2	3	4	5	6	7
1	24 [240]	45 [450]	-20	0,24		
2	26 [260]	48 [480]	-20	0,31		
3	32 [320]	51 [510]	-10	0,42		
4	28 [280]	52 [520]	-20	0,18		
5	30 [300]	58 [580]	0	0,19		
6	25 [250]	50 [500]	-	-		
7	20 [200]	48 [480]	-	-		

Примечание – Определить пригодность стали для корпуса (столбец 6) и указать категорию стали (столбец 7).

При выполнении данного задания необходимо пользоваться эмпирической зависимостью, которая устанавливает соотношение предела текучести и предела прочности судостроительных сталей:

$$\sigma_{ПЧ} = (1,7 \dots 2,08) \cdot \sigma_T$$

Стандартные характеристики корпусных сталей:

- предел прочности не менее 240 МПа;
- предел прочности не менее 450 МПа.

Если соотношение не соблюдается, то сталь для корпусов судов рекомендовать можно только по согласованию с Регистром [1].



2.2.2. Определение категории прочности стали по данным ударной вязкости и предела прочности.

При выполнении задания предлагается проанализировать таблицу 2.3 и установить предел текучести и категорию прочности.

Таблица 2.3 – Зависимость категории стали от температуры.

Ударная вязкость a_n , кгм/мм ² [МДж/м ²] при температуре t °C								σ_T , кг/мм ² [МПа]	σ_{Tch} , кг/мм ² [МПа]	Категория стали
-40	-20	-15	-10	-5	0	5	10			
2·10 ⁻⁴ [0,2]	2·10 ⁻⁴ [0,2]	8·10 ⁻⁴ [0,8]	8·10 ⁻⁴ [0,8]	9·10 ⁻⁴ [0,9]	9·10 ⁻⁴ [0,9]	9·10 ⁻⁴ [0,9]	9·10 ⁻⁴ [0,9]	40 [400]		
2·10 ⁻⁴ [0,2]	2·10 ⁻⁴ [0,2]	2·10 ⁻⁴ [0,2]	2·10 ⁻⁴ [0,2]	2,5·10 ⁻⁴ [0,25]	6·10 ⁻⁴ [0,6]	6·10 ⁻⁴ [0,6]	6·10 ⁻⁴ [0,6]	42 [420]		
2,9·10 ⁻⁴ [0,2]	3,2·10 ⁻⁴ [0,32]	3,2·10 ⁻⁴ [0,32]	3,2·10 ⁻⁴ [0,32]	3,2·10 ⁻⁴ [0,32]	8·10 ⁻⁴ [0,8]	10·10 ⁻⁴ [1,0]	10·10 ⁻⁴ [1,0]	48 [480]		
3·10 ⁻⁴ [0,3]	3·10 ⁻⁴ [0,3]	8·10 ⁻⁴ [0,8]	8·10 ⁻⁴ [0,8]	8·10 ⁻⁴ [0,8]	9·10 ⁻⁴ [0,9]	10·10 ⁻⁴ [1,0]	10·10 ⁻⁴ [1,0]	62 [620]		

Результаты анализа записываются в последнюю колонку таблицы 2.3.

2.3. Оформление результатов

В отчет по практической работе переносятся таблицы задания, в свободные колонки заносятся результаты анализа и дается краткое описание анализа и полученных результатов.

В отчете приводятся ответы на контрольные вопросы раздела 2.4.

2.4. Контрольные вопросы

- 1) Дайте определение ударной вязкости.
- 2) Сформулируйте особые требования к пластичности стали и аргументируйте их необходимость
- 3) Укажите основные различия в требованиях к пластичности и прочности судостроительных материалов и материалов для машиностроения или инструмента.
- 4) Назовите единицы измерения ударной вязкости в международной системе и внесистемные.
- 5) Опишите роль температуры эксплуатации корпусных сталей в выборе материалов для корпуса и параметров их пластичности.

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

РАСШИФРОВКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СТАЛИ И РАЗРАБОТКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЭКСПЕРТНЫХ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛА НА СООТВЕТСТВИЕ УСЛОВИЯМ ПОСТАВКИ

Цель работы: Изучить правила расшифровки судостроительных сталей и основы экспертной выбраковки их по нормативным требованиям (работа выполняется в течение 2 часов).

3.1. Теоретический раздел

В состав судостроительной стали кроме железа входит углерод С (не более 0,2 %), сопутствующие элементы марганец Mn, кремний Si и вредные примеси сера S (до 0,025 %), фосфор Р (до 0,025 %).

Механические свойства стали в основном определяются содержанием углерода. С ростом содержания углерода увеличиваются прочностные характеристики и снижаются пластические свойства, ухудшаются условия сварки (трещины в сварном шве и околошовной зоне). Для придания определенных свойств добавляются легирующие элементы. Например, для повышения сопротивления коррозии применяют добавки из никеля Ni и хрома Cr.

Каждая качественная судостроительная сталь имеет стандартную маркировку, которая позволяет установить ее состав и основные условия ее применения. Каждый легирующий элемент обозначается буквой с последующим числом, указывающим содержание легирующего элемента в процентах. Если число не указывается, содержание элемента примерно до 1 %.

Перед маркировкой проставляется содержание углерода в сотых долях процента.

Содержание углеродистых нелегированных сталей обыкновенного качества устанавливается по таблицам, а маркировка не дает информации о составе сталей: Ст4, Ст3.

Обозначение низколегированной качественной стали – 10ХСНДШ.

В конце марки может быть размещен индекс:

- Ш – шлаковый переплав стали для повышения ее качества и возможности применения в сооружениях нефтегазовой добычи;
- А – понижено содержание серы и фосфора.

Например: 9Г2А, 10ХСНДМФШ.

